Aus dem Physiologischen Institut der Universität Zürich

Elektromyographische Untersuchungen am Nerv-Muskelpräparat bei Ermüdung und unter Einfluss von Acetylcholin und Atropin

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

medizinischen Fakultät der Universität Tübingen

vorgelegt von

Hans Luß, med. dent.

von Lutzenberg, aus Hefenhofen

Buchdruckerei Dr. J. Weiss, Affoltern a. A. - 1929

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Zürich

Elektromyographische Untersuchungen am Nerv-Muskelpräparat bei Ermüdung und unter Einfluss von Acetylcholin und Atropin

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

medizinischen Fakultät der Universität Tübingen

vorgelegt von

Hans Luß, med. dent.

von Lutzenberg, aus Hefenhofen

Buchdruckerei Dr. J. Weiss, Affoltern a. A. - 1929

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Der Stand der Frage einer vom vegetativen Nervensystem und event. vom Hormonalapparat ausgehenden regulatorischen Beeinflussung des Skelettmuskels fordert eine Ergänzung des Beobachtungsmaterials, ohne welche eine endgültige Klärung des Problems kaum möglich ist. Aus dieser Erkenntnis und im Zusammenhang mit den Vorstellungen von W. R. Heß[1]) über das Wesen der Ermüdung untersuchten wir den Einfluß von Acetylcholin und Atropin auf das Verhalten des frischen und ermüdeten Froschmuskels. Wir richteten unsere Aufmerksamkeit speziell auf die Refraktärzeit unter Acetylcholin- und Atropinwirkung, eine Verlängerung der Refraktärzeit ist bekanntlich ein konstantes Symptom des ermüdeten Skelettmuskels.

Jede Messung der Refraktärzeit beruht ganz allgemein in folgendem: Es werden dem Muskel Doppelreize appliziert, deren Zeitintervall variert. Der erste Reiz löst eine Erregung mit ihrem Refraktärstadium aus, der zweite Reiz dient als Testreiz für die Erregbarkeit des Muskels. Trifft der zweite Reiz den Muskel längere Zeit nach dem ersten, wenn er sich von der ersten Erregung schon erholt hat, so wird er auch auf den zweiten Reiz ansprechen, die Doppelreizung wird z. B. von einem einfachen Ausschlag des Muskelelektrogrammes begleitet sein. Fällt aber der zweite Reiz früher, nämlich in die Refraktärperiode der ersten Erregung, so wird eine Antwort des noch erregbaren Muskels auf den zweiten Reiz ausbleiben.

---

[1]) W. R. Heß: Ueber die Wechselbeziehungen zwischen psychologischen und vegetativen Funktionen. Schweiz. Arch. für Neurologie und Psychiatrie, 15 No. 1924 und 16 No. 1 und 2 1925, auch separat bei Orell-Füßli, Zürich.

Methodik.

V. Brücke und Plattner[1]) haben mit der Methode der schwebenden Reizung eine außerordentlich praktische Anordnung zur Erzeugung von Doppelreizen mit varierendem Zeitintervall eingeführt, welche wir mit einigen Abänderungen für unsere Untersuchung benützt haben.

Es werden dem Muskel gleichzeitig zwei Serien rhythmischer Reize von wenig verschiedener Frequenz zugeleitet, die eine sei z. B. von der Frequenz 39, die andere von der Frequenz 40 in der Sekunde. Die beiden Reizserien interferieren untereinander, sodaß den Muskel Doppelreize von periodisch sich verlängernder und verkürzender Zeitdistanz treffen.

Die zwei Serien rhythmischer Reize von verschiedener Frequenz werden in den Primärkreisen zweier Induktionsapparate durch rotierende Unterbrecher von verschiedener Rotationsgeschwindigkeit erzeugt und über einen gemeinsamen Sekundärkreis dem Nerv-Muskelpräparat zugeführt. Beide Stromkreise sind auf gleiche Stromstärke einreguliert. Es wird mit nahezu maximalen Oeffnungsschlägen gereizt. Die Schließungs-Induktionsschläge sind abgeblendet. Der Reizerfolg wird am Aktionsstrom des Muskels kontrolliert.

Als Versuchsobjekt dient das Gastrocnemius-Nervmuskelpräparat des Frosches. Es kamen vorzugsweise Herbst- und Winterfrösche zur Verwendung. Durch die Wahl des Nerv-Muskelpräparates als Versuchsobjekt ist die myoneurale Zwischensubstanz in das Erregungssystem einbezogen. Es ist dies deswegen sehr wichtig, weil in jenem Uebergangsapparat vielleicht sich Aenderungen abspielen, welche sich im Sinne eines Ermüdungssymptomes Ausdruck verschaffen.

[1]) E. Th. v. Brücke, Zeitschrift für Biologie 76, 213, 1922, „Eine neue Methode zur Messung des Refraktärstadiums", ferner: E. Th. v. Brücke und E. Plattner, Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturw. Klasse, Abt. III, 131, 13, 1921.

Der Muskel wird in einer Vertiefung eines Paraffinblockes zweckmäßig gelagert und an beiden Enden fixiert, seine Zuckung ist also isometrisch. Eine über das Präparat gestülpte Petrischale schützt als feuchte Kammer das Präparat vor Austrocknung, sodaß es noch nach Stunden auf Reizung anspricht. Natürlich stellten wir die Versuche sofort nach der Präparation an. Der Reizstrom wird dem Nerv durch zwei Platinelektroden zugeführt. Die stromführenden Teile sind wo immer möglich in den Paraffinblock eingeschmolzen, wodurch das Ueberschlagen von Reizströmen auf das Saitengalvanometer vermieden wird.

Die Registrierung erfolgt mit dem großen Saitengalvanometer der Cambridge und Paul Instrument Co. Die Empfindlichkeit der Saite wird so eingestellt, daß einer Spannung von 1 Millivolt ein Ausschlag von 1 cm entspricht. Zwei feuchte Wollfäden, welche in $^1/_2$ cm Distanz auf die Mitte des Muskels gelegt werden, und zu unpolarisierbaren Elektroden führen, vermitteln die Ableitung zum Saitengalvanometer. Die Aktionsströme werden teils biphasisch, teils nach Verbrühung des tibialen Muskelendes monophasisch abgeleitet.

Muskelpräparat:

Das Atropin wird nach Heß und Büsch[1]) dem dekapitierten Frosch durch Injektion in den Bulbus des freigelegten Herzens appliziert. Bei möglichst langsamer Injektion von 0,8 ccm 1%iger Lösung bleibt die Herzaktion in der Regel gut, sodaß man mit einem gleichmäßigen Durchdringen des Versuchsorganes rechnen darf.

Das Acetylcholin kann wegen des regelmäßig auftretenden Herzstillstandes dem Versuchstier durch intrakardiale Injektion nicht einverleibt werden. Wir behelfen uns, indem wir den Muskel in Acetylcholinlösung 1: 100 000 während ca. 5 Min. baden, oder ihn mit dieser Lösung beträufeln. Durchspülung der Extremitäten mit Acetylcholin haben wir nicht versucht. Es erscheint uns dies für eine Fortsetzung der Experimente wieder der richtige Weg zu sein. Eine Anleitung betr. Vorgehen findet sich in der Arbeit von Heß-Neergard[2]).

[1]) W. R. Heß und J. Büsch, Pflügers Arch. 216, 644, 1927.
[2]) W. R. Heß und K. v. Neergaard, Pflügers Arch. 205, 506, 1924.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550010_0027

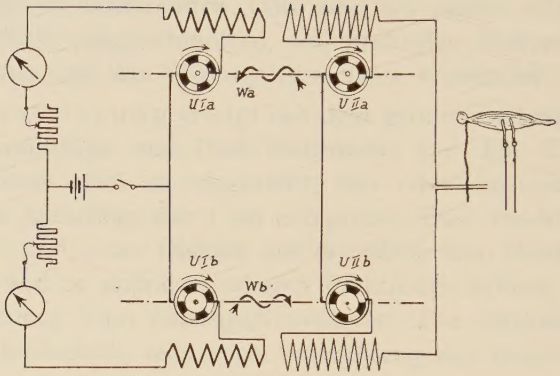

Fig. 1

Schematische Darstellung der Reizapparatur
(Wa und b = Unterbrecherwalzen; U = rotierende Unterbrecher)

Sowohl bei den Atropin- wie bei den Acetylcholinversuchen benützten wir den durch kein Pharmakon beeinflußten Gastrocnemius des zweiten Beines als normalen Vergleichsmuskel. Bei den Atropinversuchen wurde die Vergleichsextremität vor der Atropinisierung amputiert. Der Vergleichsmuskel zu dem in Acetylhcolin gebadeten Muskel wird, um möglichst analoge Bedingungen zu schaffen, während 5 Min. in Ringerlösung gebadet. Es ist aber unvermeidbar, daß der normale Vergleichsmuskel erst einige Zeit (z. B. 10 Min.) nach dem zugehörigen Muskel untersucht wird. Um die Verhältnisse des pharmakologisch beeinflußten und des normalen Muskels noch sicherer vergleichbar zu machen, gingen wir gegen den Schluß unserer Untersuchungen dazu über, die beiden Muskeln parallel zu prüfen. Beide Muskeln sind dabei mit Ableitungselektroden versehen und wurden mittels einer Wippe abwechslungsweise mit dem Galvanometer verbunden Auf eine gleichzeitige Registrierung der Aktionsströme der beiden Muskeln mußten wir in Ermangelung einer Doppelsaite leider verzichten. Immerhin läßt sich, zwar etwas weniger einfach, auch mit der Wippe und einfacher Saite eine brauchbare Registrierung erreichen. Die mit dieser verbesserten Versuchsanordnung erzielten Ergebnisse bestätigen die Befunde an nacheinander untersuchten Muskeln.

Die Reizapparatur (Fig. 1) besteht aus zwei Primärstromkreisen mit eingeschalteten Widerständen und Galvanometern zur Regulierung der Stromstärke, sowie einem gemeinsamen Sekundärstromkreis mit den zwei in Serie geschalteten Sekundärspulen. Als Unterbrecher im Primärkreis dienen auf rotierenden Walzen (Wa und Wb) montierte Kontaktringe (Ula und Ulb) mit vier leitenden und vier isolierenden Sektoren. Die beiden Unterbrecherwalzen erhalten verschiedene Rotationsgeschwindigkeit durch Antrieb über eine Stufenscheibe eines Elektromotors. Dabei dreht sich die eine Walze, die mit einer um einen minimalen Betrag größeren Uebersetzung angetrieben wird, z. B. 40 Mal, während die andere 39 Umdrehungen vollführt.

Die Abblendung der Schließungsinduktionsschläge bei der schwebenden Reizung nach v. Brücke geschieht durch folgende

Anordnung: Wie im Primärkreis, so sind auch im Sekundärkreis zwei rotierende Unterbrecher (UIIa und UIIb) eingeschaltet, welche mit je einem Unterbrecher der beiden Primärkreise auf der gleichen Walze fest verbunden sind. Die den Strom abnehmenden Bürsten an den beiden Kontaktringen einer Walze sind etwas gegeneinander verschoben, nämlich so, daß im Moment des Stromschlusses im Primärkreis die Bürste des Unterbrechers im Sekundärkreis noch auf der Isolierung schleift und ein Schließungsinduktionsstrom nicht entstehen kann. An der einen der beiden Unterbrecherwalzen sind weiterhin die beiden Kontaktringe um 45^0 gegeneinander verschoben.

Die zeitliche Folge der Reize bei unserer Anordnung stellt sich nun folgendermaßen dar: In einem bestimmten Moment fallen zwei Reize der beiden Reizserien verschiedener Frequenz gleichzeitig, der nächste Reize der langsameren Reizserie verspätet sich gegenüber dem Reiz von größerer Frequenz ein wenig, die weiteren Reize der langsamen Frequenz verspäten sich immer mehr hinter den voraneilenden Reizen der anderen Serie, nach einer halben Sekunde (oder allgemeiner ausgedrückt einer halben Schwebung) fallen sie mitten zwischen den vorauseilenden und den nachfolgenden Reiz der schnelleren Serie. Die nachfolgenden Oeffnungen des schnelleren Unterbrechers nähern sich den sich verspätenden Oeffnungen langsamerer Frequenz immer mehr, bis sie sie nach einer Sekunde eingeholt haben und damit eine neue Schwebungsphase beginnt. Bei unserer Modifikation der Reizapparatur werden nun in der zweiten Hälfte der Schwebung zufolge einer Verschiebung des sekundären Kontaktringes um 45^0 gegenüber dem primären auch die Oeffnungsinduktionsschläge abgeblendet. Es alterniert also eine halbe Schwebungsphase Reiz mit einer halben Phase Ruhe (vergl. Fig. 2). Bei einer Unterbrechungsfrequenz von z. B. 39 und 40 in der Sekunde treffen den Muskel in der ersten halben Sekunde 20 Doppelreize. Das Zeitintervall zwischen den beiden Einzelreizen eines Doppelreizes wächst von $0''$ mit jedem Doppelreiz um $\frac{1}{39 \cdot 40}$ sec. $= 0{,}6$ sigma bis zum größten Wert von $\frac{1}{2 \cdot 39}$ sec., es beträgt beispielsweise beim 5. Doppelreiz

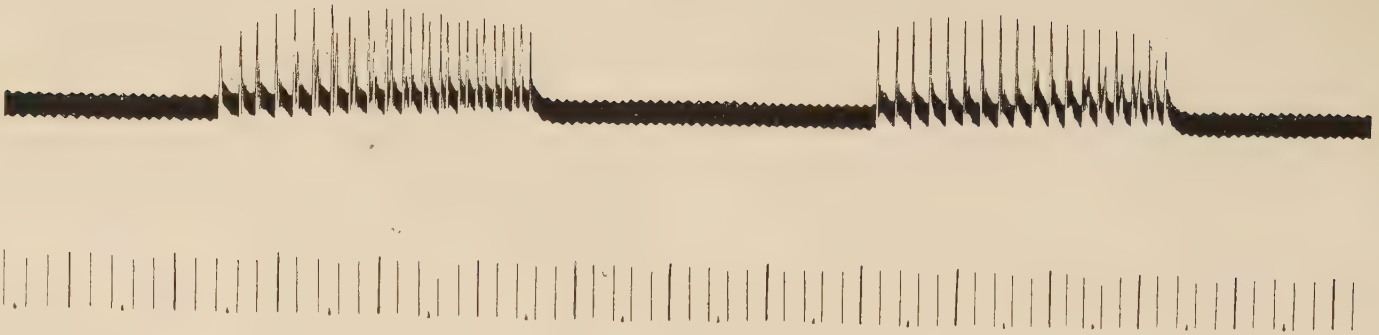

Fig. 2
Zwei aufeinanderfolgende Reizgruppen des Normalmuskels.

$$4 . \frac{1}{39 . 40} \text{ sec.} = 2{,}5 \text{ sigma.}$$

Ob nun das Verhältnis der Rotationsgeschwindigkeiten der beiden Walzen oder ob die Motorgeschwindigkeit geändert wird, in jedem Falle läßt sich sehr leicht die Dauer des Zeitintervalls für jeden Doppelreiz berechnen.

Aus unserer Modifikation ergeben sich nach zwei Richtungen Vorteile: Bei der Schaltung der Reizströme nach v. Brücke herrschen nicht immer die gleichen Voraussetzungen, indem abwechselnd der Reizstrom nur über eine oder über beide Induktionsspulen geleitet wird. Die Aenderungen des Widerstandes und der bedeutenden Selbstinduktion müssen die Stärke des Reizstromes beeinflussen. Bei v. Brücke spielt dieses Moment keine störende Rolle, indem er übermaximale Reize verwendet. Für eine im Bereich des Refraktärstadiums feiner differenzierende Untersuchung spielt die möglichste Gleichheit der angewendeten Reize eine ausschlaggebende Rolle. Weiterhin erwies es sich als ein Vorteil, daß unsere Aktionsstromkurven als geschlossene Gruppen auftreten, die immer mit dem Moment der Koinzidenz zweier Reize beginnen. Es erübrigt sich also die Verwendung von Reizsignalen, wie v. Brücke sie benötigt.

Die Gruppierung der Aktionsstromausschläge erhöht auch die Uebersichtlichkeit der Kurven ganz erheblich und erleichtert so die Analyse. Jede Aktionsstromgruppe bietet ein abgeschlossenes Bild von bestimmtem Gepräge und nicht eine fortlaufende Kette zweier sich überschneidender Aktionsstromsysteme.

Leider bleiben noch einige Störungsquellen in der praktischen Ausführung des theoretisch so sinnreichen Prinzipes, mit welchen wir uns abfinden mußten, wenn wir nicht einen vollkommenen Umbau der Apparatur vornehmen wollten. Hiezu war aber kein Anlaß, da die Versuchseinrichtung trotz der noch bestehenden Störungsmöglichkeiten bei unserem vorläufigen Programm ausreichte.

Die schlimmste Fehlerquelle ist die Ungenauigkeit der Unterbrechervorrichtung im Primärkreis, derzufolge die Reizströme, wie wir feststellen konnten, nicht immer gleich stark sind. An jedem Kontaktring im primären Stromkreis finden sich vier Un-

terbrecherstellen, deren Mechanismus nicht Gewähr bietet, daß die Stromunterbrechung wirklich gleichmäßig erfolge. Es kommen ungewollte Unterschiede in der Reizstärke vor, da der Reizwert des Sekundärstromes von der Geschwindigkeit des Abreissens des primären Stromes abhängt.

Weiterhin ist die Kuppelung der beiden Unterbrecherwalzen durch Riemen oder Schnüre keine unbedingt zuverlässige. Die Dicke der Ledersaiten sowie die Veränderlichkeit der Adhäsion auf den Riemenscheiben bewirken gelegentlich Verschiebungen, es wird das ordnungsgemäße Rotationsverhältnis beider Walzen gestört und eine unkontrollierbare Vergrößerung oder Verkleinerung des Zeitintervalles in einem Doppelreiz ist die Folge. Wenn dies im kritischen Moment einer Registrierung auftritt, so kann eine scheinbare Verlängerung oder Verkürzung des Refraktärstadiums im Kurvenbild vorgetäuscht werden.

Versuchsergebnisse.

a) Normalmuskel.

Fig. 2 zeigt die typische Aktionsstromkurve, die bei der Reizung eines normalen Froschmuskels registriert wurde. Dem Muskel wurden in der ersten Hälfte der Schwebungsphase 18 Doppelreize zugeführt. Wir zählen 18 etwas höhere Aktionsstromzacken in genau gleichen Abständen; sie stammen von der Reizserie größerer Frequenz. Wir wollen sie vorlaufende oder Vorzacken nennen, im Gegensatz zur Nachzacke, dem Aktionsstrom der nachlaufenden Reize. In unserem Beispielfalle bleiben die ersten vier Vorzacken isoliert. Von der 5. Vorzacke an erscheint eine kleine Nachzacke, sie nimmt mit jedem folgenden Reiz an Höhe zu, bis sie die Höhe der Vorzacke annähernd erreicht hat. Es ist dies der Fall bei der 6. Nachzacke. Da die vier ersten Doppelreize nur mit einem Aktionstrom beantwortet werden, ist festgestellt, daß der zweite Reiz innerhalb die Refraktärperiode des Vorreizes fällt. Die Refraktärzeit ist demnach größer als das Zeitintervall im vierten Doppelreize. Die Kurve gibt uns sämtliche Daten zur Bestimmung des absoluten Wertes der Refraktärzeit, wir verzichten aber der Uebersichtlichkeit halber auf die Ausrechnung, die relativen Werte der Refraktärzeiten genügen uns im Zusammenhang mit unserer Fragestellung, welche die Feststellung einer Aenderung der Refraktärperiode bezweckt. Die zweite Reizgruppe zeigt die erste Nachzacke nach der 9. Vorzacke, erst das Zeitintervall des 9. Doppelreizes ist also größer als die Refraktärzeit. Die Zeitintervalle des 9. und 5. Doppelreizes verhalten sich zueinander wie 8 zu 4, die Refraktärzeit hat sich also zufolge der vorangegangenen Reizungen nun in der zweiten Reizgruppe aufs Doppelte verlängert. Die folgenden nicht reproduzierten Reizgruppen zeigen das Auftreten der Nachzacke nach dem 11., 12., 13., 14. Doppelreiz, die Refraktärzeit verlängert sich also noch mehr.

Unsere Kurven bringen somit die Verlängerung der Refraktärperiode durch die Methode der schwebenden Reizung zum Ausdruck und bedeuten in übersichtlicher Darstellung eine Bestätigung der von v. Brücke publizierten Beobachtungen. Auch die Kurve, nach der das Refraktärstadium bei Ermüdung wächst, würde ungefähr mit der von v. Brücke publizierten übereinstimmen; sie steigt zu Beginn steil an und verflacht allmählich.

Im weiteren zeigen sich nun in unseren Kurven auffällige Erscheinungen an den Amplituden der Aktionsströme. Die ersten drei bis vier Vorzacken einer Reizgruppe zeigen einen deutlichen Anstieg der Zackenhöhe. Diese Erscheinung des Anschwellens der Aktionsstromamplituden der ersten Reize einer Reizgruppe ist in Anlehnung an unsere eigenen Beobachtungen am hiesigen Institut von Singer[1]) näher untersucht worden. Nach Singer besteht kein Zusammenhang dieser Erscheinung mit dem Symptom der Treppe; das Anwachsen der Aktionsstromaplituden wird als Ausdruck einer Erregbarkeitszunahme des Muskels aufgefaßt.

Die Amplituden der Vorzacken zeigen gegen das Ende jeder Reizgruppe eine allmähliche, aber deutliche, etwa die 5—8 letzten Zacken treffende Verkürzung.

Dieses Absinken verstärkt sich mit jeder weiteren registrierten Reizgruppe. Die Höhe der ersten Zacke jeder Gruppe, sowie die Maximalhöhe der Vorzackenamplituden sinkt hingegen auch nach vielen Reizgruppen nur wenig. Auch die Nachzacke zeigt das initiale Anschwellen der Amplituden und zwar konstant und noch ausgeprägter als die Vorzacke. Die maximal erreichte Höhe der Nachzacken nimmt mit jeder späteren Reizgruppe ab. Das Anschwellen verteilt sich zudem mit jeder weiteren Reizgruppe auf eine immer größere Zahl von Nachzacken.

Diese Nachzacke zeigt auch beim ermüdet gewesenen, durch Ruhe erholten Muskel ein charakteristisches Verhalten. Es zeigt sich, daß die Nachzacke in diesem Fall sich schneller verkleinert als beim frischen Muskel, während die Vorzacken noch sozusagen unverkürzt sind, der Zustand des Muskels durch dieselbe also noch in keiner Weise signalisiert ist. Diese Amplitudenverkleinerung der Nachzacken ist also ein außerordentlich feiner Indikator

[1]) W. Singer, Pflügers Arch. 219, 273, 1928.

Fig. 3

Vergleich der Amplituden von Normalmuskel und Acetylcholinmuskel (bei gleichzeitiger Reizung und abwechslungsweiser Registrierung. Die Ableitungselektroden sind bei beiden Muskeln genau gleich angelegt).

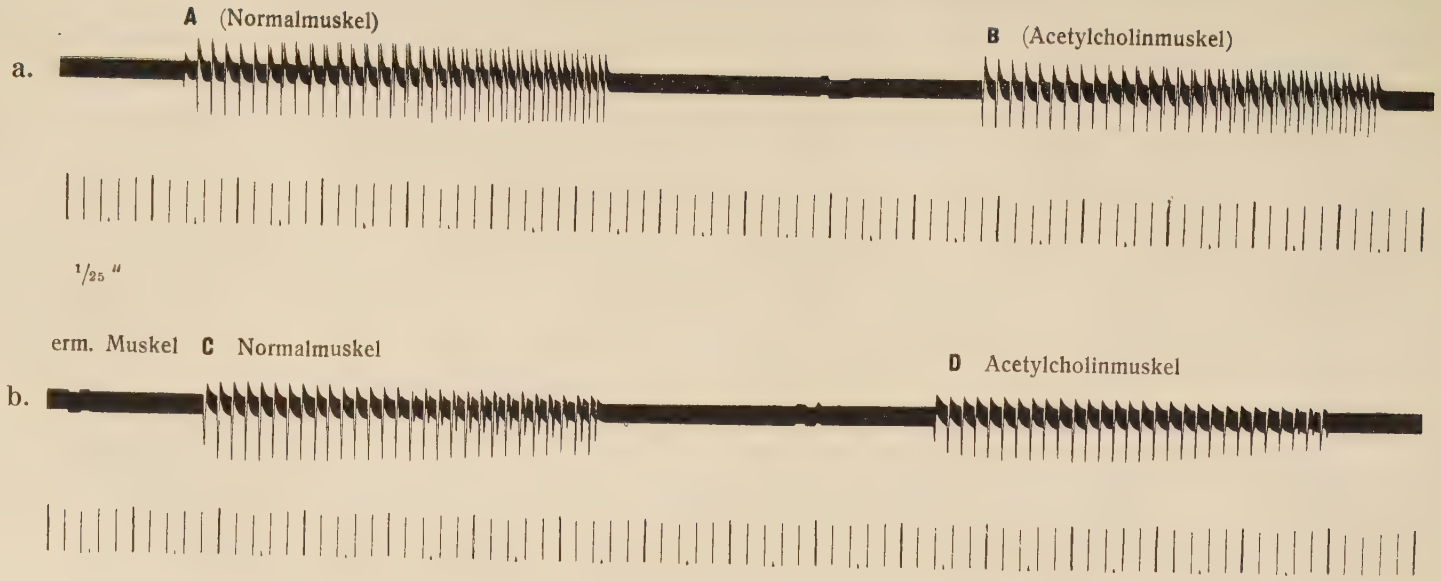

Fig. 4 (a und b)

Vergleich von Acetylcholin- und Normalmuskel in frischem Zustand und bei Ermüdung.
(Zwischen beiden Kurvenstücken liegen 12 nicht abgebildete Reizgruppen, die Amplitudenhöhen sind wegen Verschiebung der Ableitungselektroden nur zwischen A und C sowie zwischen B und D vergleichbar).

für eintretende Ermüdung. Dieses Symptom ist empfindlicher als das Abnehmen der Amplituden der Vorzacken gegen Ende einer Reizgruppe.

b) Acetylcholinmuskel.

Das Registrierungsergebnis des Acetylcholinmuskels fällt sofort auf durch seine gegenüber dem Normalmuskel bedeutend grösseren Amplituden, wie dies Fig. 3 zeigt. Ganz besonders hält sich dieser große Amplitudenunterschied auch bei starker Ermüdung nach vielen Reizgruppen (vergl. Fig. 3). Bei einem bestimmten Muskelpaar war die Galvanometersaite so straff eingestellt, daß nur noch Andeutungen eines Aktionsstromes des Normalmuskels auf der Kurve erkennbar sind; der Acetylcholinmuskel registrierte unter diesen Umständen noch eine Kurve mittlerer Höhe. Beim unermüdeten Acetylcholinmuskel vermissen wir konsequent den Anstieg der Vorzackenamplituden, wie auch die Fig. 3 und 4 a erkennen lassen. Oft sinken die ersten Vorzackenamplituden des Acetylcholinmuskels sogar etwas ab (vergl. Fig. 3 a untere Amplitudenspitzen). Bei der Ermüdung ändert sich aber das Bild; dann zeigt auch der Acetylcholinmuskel das Anschwellen der Anfangsamplituden (Fig. 3 b und 4 b). Die Fig. 4 a und b zeigen das Auftreten der Nachzacke beim 6. Doppelreiz des frischen Normalmuskels, und beim 15. Doppelreiz des durch viele dazwischen liegende Reizgruppen ermüdeten Muskels. Der gleichzeitig gereizte Acetylcholinmuskel zeigt in der bei frischem Zustand des Muskels registierten Reizgruppe B erst beim 10. Vorreiz die Nachzacke, in ermüdetem Zustand bei D gar erst bei der 26. Vorzacke; sein Refraktärstadium ist also stark verlängert.

So verhielt es sich auch bei anderen Beispielen. Wir treffen aber auch auf Kurven von Acetylcholinversuchen, welche eine verkürzte Refraktärperiode des Acetylcholinmuskels aufzeigen. Wir sind deswegen trotz unserer zahlreichen Versuche nicht in der Lage, uns ein Urteil über den Einfluß des Acetylcholins auf die Refraktärperiode zu bilden. Abklärende Versuche müßten

zweifellos mit weiter verfeinerter Methodik und vor allem mit einer mehr Sicherheit bietenden Applikationsweise des Acetylcholines unternommen werden. Als sicheres Ergebnis können wir aber die größeren Aktionsstromamplituden des Acetylcholinmuskels registrieren, wobei wir uns bewußt sind, daß dadurch nicht gleichzeitig eine verstärkte Aktion des Muskels bewiesen ist, denn, was wir in der Aktionsstromamplitude registrieren, ist ja nicht das entwickelte Potential im absoluten Maß, sondern die Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten. Es spielt also auch die Geschwindigkeit des Erregungsablaufes hinein, die Größe des Ausschlages mitbestimmend.

c) Atropinmuskel.

Der Atropinmuskel, dessen Verhalten wir durch Fig. 5 als Beispiel belegen, zeigt ein Wirksamwerden des nachfolgenden Reizes nach der 4. Vorzacke in der ersten Reizgruppe, nach der 7. Vorzacke bei der zweiten Reizgruppe. Bei der fortgesetzten Reizung erfolgt noch weiter ein langsames Hinausschieben im Wirksamwerden des Nachreizes. Beim Vergleichsmuskel treffen die ersten Nachzacken auf die 4. und 9. Vorzacke. Diese Unterschiede sind zu wenig prägnant, um bei der geübten Methodik einen Schluß zuzulassen inbezug auf den Einfluß des Atropins auf die Refraktärperiode. Im allgemeinen scheint die Verlängerung der Refraktärperiode zufolge Ermüdung bei fortgesetzter Reizung etwas hintan gehalten zu werden. Wir möchten aber auch hier zögern, ein endgültiges Urteil zu fällen, bevor eine bedeutende Erweiterung des experimentellen Materials mit größerer Präzision der Reizgebung vorliegt.

Ueber den Einfluß des Atropins auf die Aktionsstromamplitude in absolutem Maß geben unsere Kurven keine Unterlage, da zur Zeit dieser früheren Versuche die beschriebene Parallelmethode mit alternierender Testung des normalen und des beeinflußten Muskels noch nicht ausgebaut war. Soviel läßt sich aber aus den Kurven herauslesen, daß der Atropinmuskel in jeder

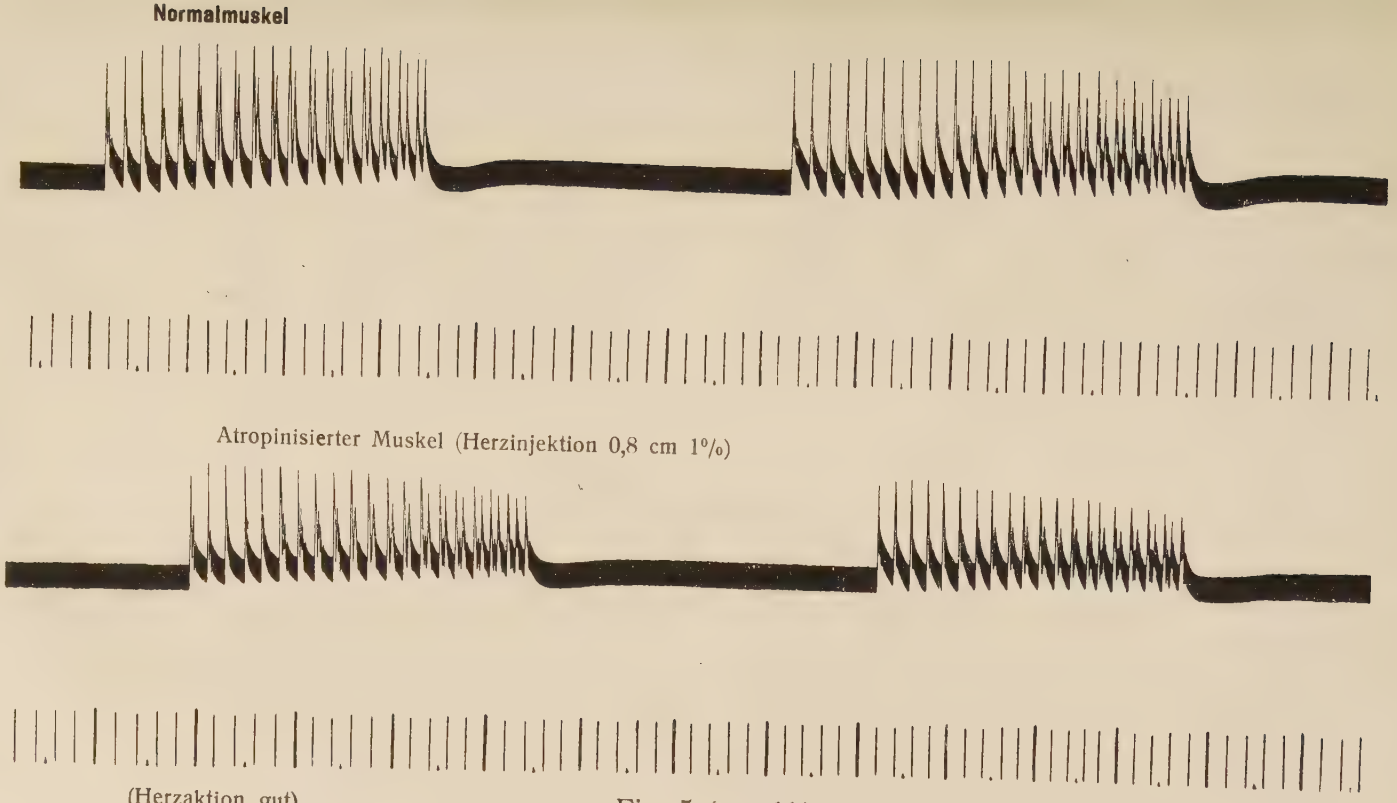

Fig. 5 (a und b)

Vergleich von Normalmuskel und Atropinmuskel. Die Amplitudenhöhen sind nur innerhalb der Kurven desselben Muskels vergleichbar.

Reizserie das anfängliche Ånschwellen und die nachfolgende Abnahme der Amplitudenhöhe aufweist, wobei diese Abnahme sofort nach dem Anschwellen beginnt und ausgesprochener ist als beim Normalmuskel.

Zusammenfassung.

Mit der von v. Brücke angegebenen Methode der schwebenden Reizung wird nach einer die Präzision der Reizgebung und die Uebersichtlichkeit der Registrierungsresultate erhöhenden Modifikation das Verhalten der Aktionsströme des normalen, des mit Acetylcholin und des mit Atropin vorbehandelten Nerv-Muskelpräparates des Frosch-Gastrocnemius untersucht.

Es ergibt sich in klarer Darstellung die Verlängerung der relativen Refraktärperiode mit fortschreitender Ermüdung. Als sehr empfindlichen Indikator für die Zustandsänderung bei fortgesetzter Reizung zeichnet sich die eintretende Reduktion der Aktionsstromamplitude des Nachreizes aus. Für den Acetylcholinmuskel werden bedeutend erhöhte Aktionsstromamplituden festgestellt, mit unsicherem Ergebnis inbezug auf die Refraktärperiode. Die beim normalen Muskel regelmäßig zu treffende Zunahme der ersten Aktionsstromamplitude vermissen wir beim frischen Acetylcholinmuskel konsequent, sie erscheint dagegen mit zunehmender Ermüdung. Der Atropinmuskel zeigt ein rascheres Absinken der Aktionsstromamplitude innerhalb jeder Reizserie. Gleichzeitig scheint die Streckung der Refraktärperiode etwas weniger in Erscheinung zu treten bei fortgesetzter Reizung als beim Normalmuskel.

Lebenslauf.

Am 18. April 1897 wurde ich in Hefenhofen, Kt. Thurgau, in der Nähe des Bodensees geboren. Heimatberechtigt bin ich in Lutzenberg, Kt. Appenzell A.-Rh. In meinem Geburtsort besuchte ich 7 Jahre die Primarschule und 3 Jahre die Sekundarschule. 1914/16 war ich in der Verkehrsschule St. Gallen, einer Mittelschule zur Vorbereitung auf den Beamtenberuf. Es folgen 4 Jahre als Bundesbeamter. Nach dieser Zeit begann ich meinem früheren Wunsche gemäß in Zürich die Vorbereitung zur eidgen. Maturitätsprüfung, die ich im Jahre 1923 in Bern bestand. Mein akademisches Studium begann ich an der Universität Tübingen. Nach 2 Semestern kehrte ich nach Zürich zurück, bestand 1924 die naturwissenschaftliche Prüfung in Basel, im September des folgenden Jahres die anatomisch-physiologische Prüfung für Aerzte an der Universität in Zürich. Nach vier weiteren Semestern bestand ich in Zürich das zahnärztliche Staatsexamen. Am physiologischen Institut der Universität begann ich hierauf in einer langen Versuchsreihe die Arbeit, die zur beiliegenden Dissertation führte. Inzwischen bin ich in die Praxis getreten und wird durch bevorstehende Promotion der Schluß meines akademischen Studiums gesetzt sein.

Zürich, 12. Februar 1929.